

# 水素社会に貢献する 車載高感度水素センサ

岡山大学 学術研究院ヘルスシステム統合科学学域  
教授 紀和 利彦

2021年9月30日

# 研究背景

水素は、二酸化炭素を排出しない持続可能なエネルギーとして開発が進んでいる。



Visit to Fukushima Hydrogen Energy Research Field by Prime Minister Abe

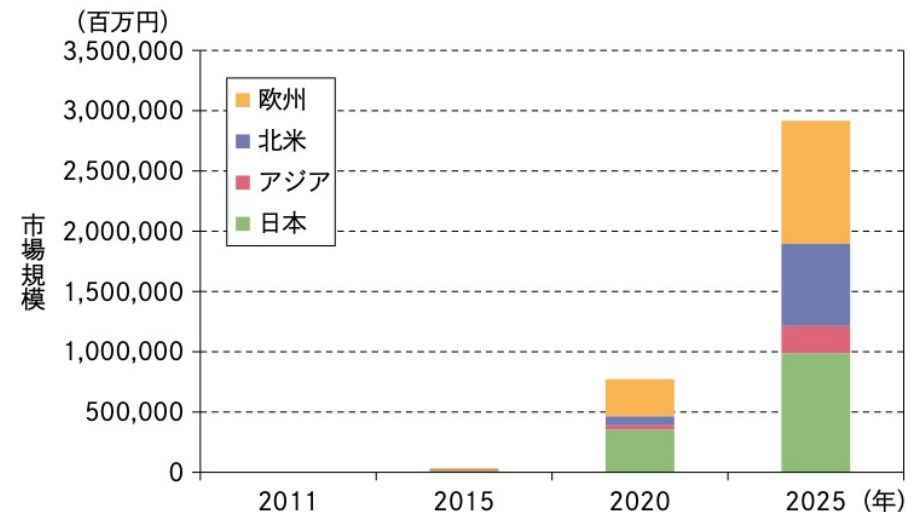


図 4-8 燃料電池自動車世界市場見通し

出典：2013 年度版燃料電池関連技術・市場の将来展望（富士経済）より NEDO 作成

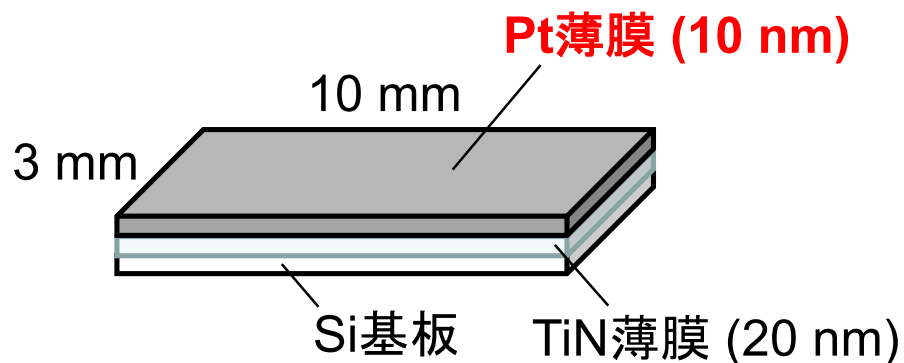
水素インフラ・自動車増加に伴い、水素漏洩を検知する水素センサのニーズが高まっている。

## 従来技術との比較

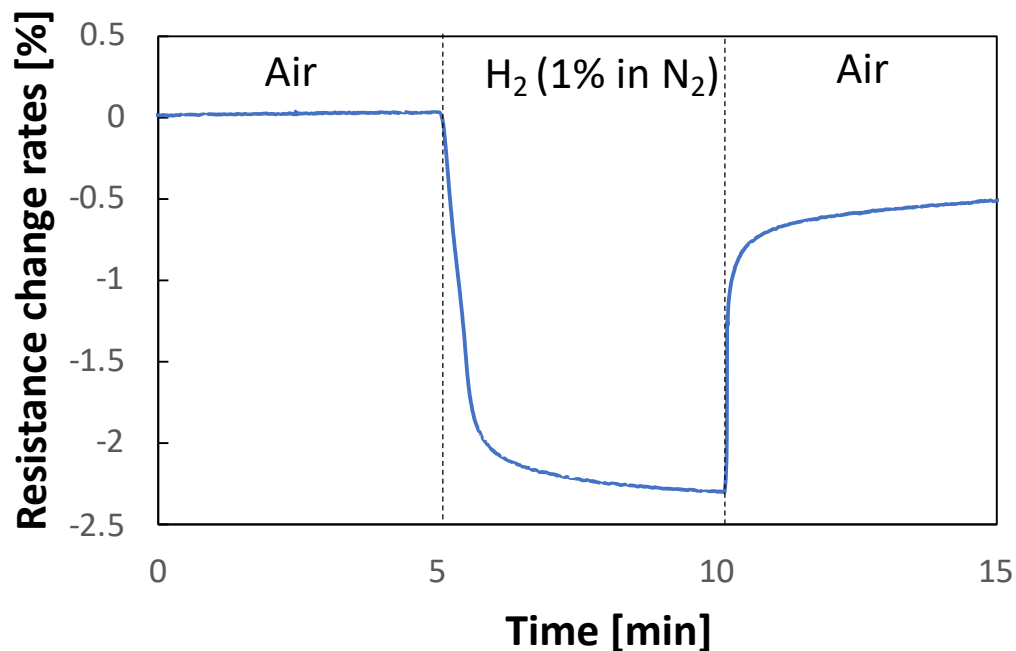
名称	本技術	熱線型 半導体式	接触燃焼式	気体 熱伝導式
原理	触媒反応による電子注入	金属酸化物半導体表面での酸化反応による抵抗変化	触媒燃焼による素子温度上昇	気体熱伝導率の変化による素子放熱量の変化
感度範囲	10 ppm ~ 10 vol.% (実績値)	0.1 ppm ~ 2 vol.%	1000 ppm ~ 4 vol.5	1 vol.% ~ 100 vol.%
動作温度	<b>室温</b>	480 °C	400 °C	185 °C
動作電流	<b>&lt;10 mA</b>	~100 mA	~100 mA	~ 65 mA

参考:水素エネルギーシステム Vol. 30, No.2 (2005)

# 超薄膜型白金水素センサ



## センサ構造



Resistance change rates

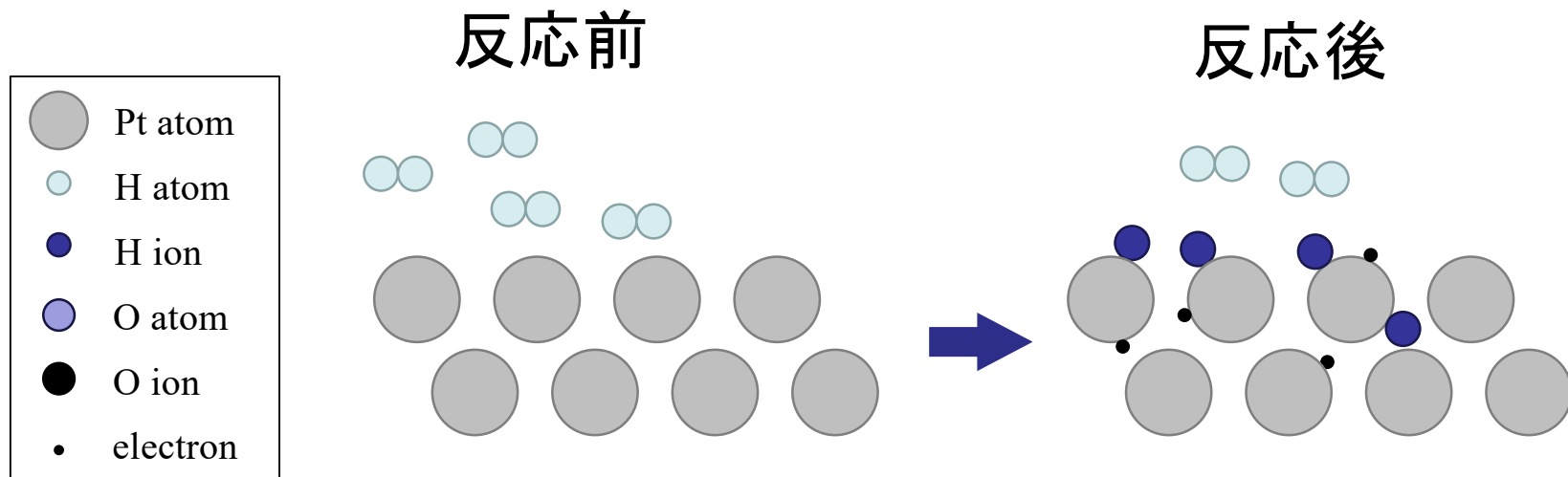
$$\Delta R = \frac{R - R_0}{R_0} \times 100 \quad (\%)$$

$R_0$ : initial resistance value

$R$ : resistance value

特許第5936087号

# 動作原理

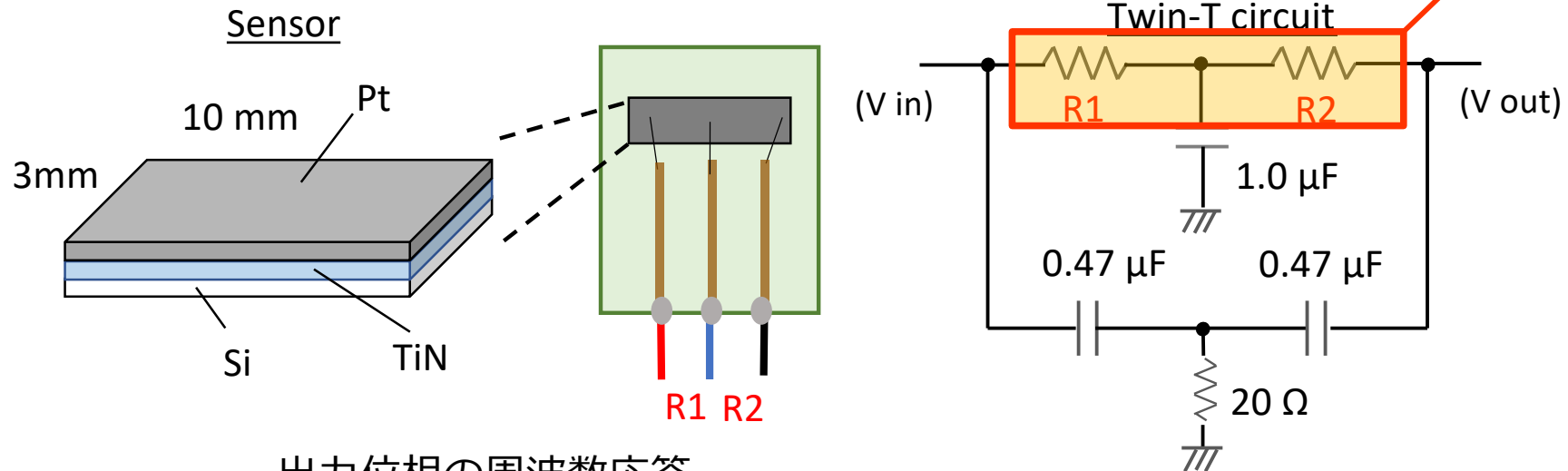


電子注入により白金の抵抗が変化  
超薄膜化により感度が向上

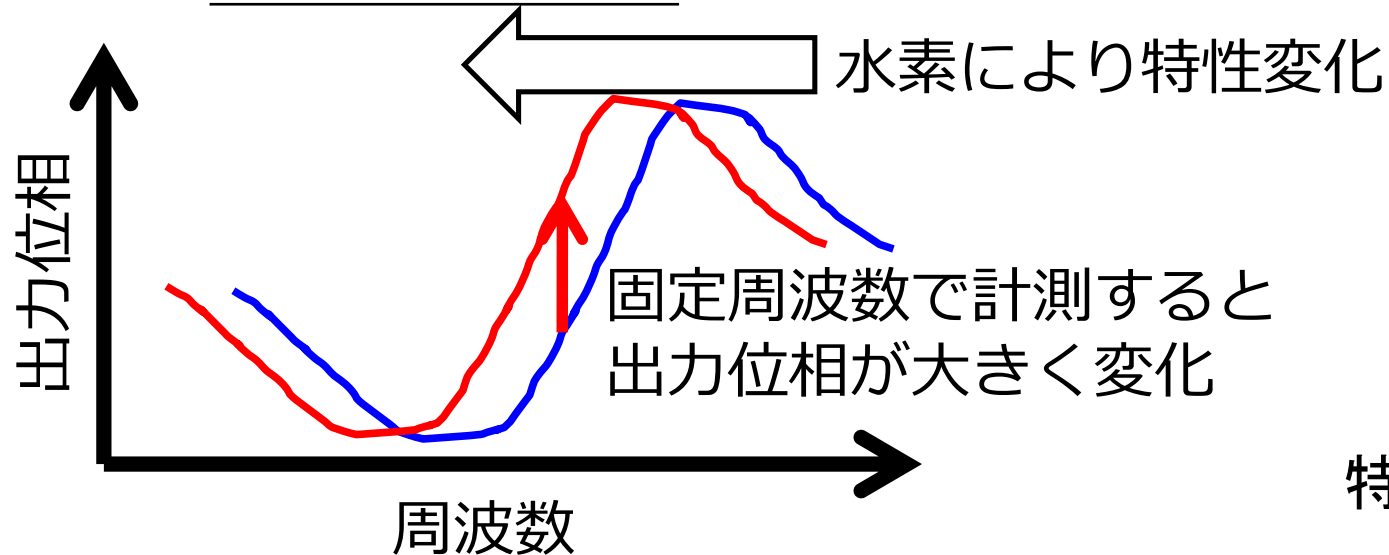
Kaoru Amano, Ryo Furukawa, Kenji Sakai, Toshihiko Kiwa, Keiji Tsukada  
Development of bridge-type hydrogen sensor using Pt ultra-thin film  
International Journal of Engineering and Innovative Technology, Vol. 7 , Issue 7, pp. 5-8, 2018.1

# Twin-T結合型水素センサ

センサ部

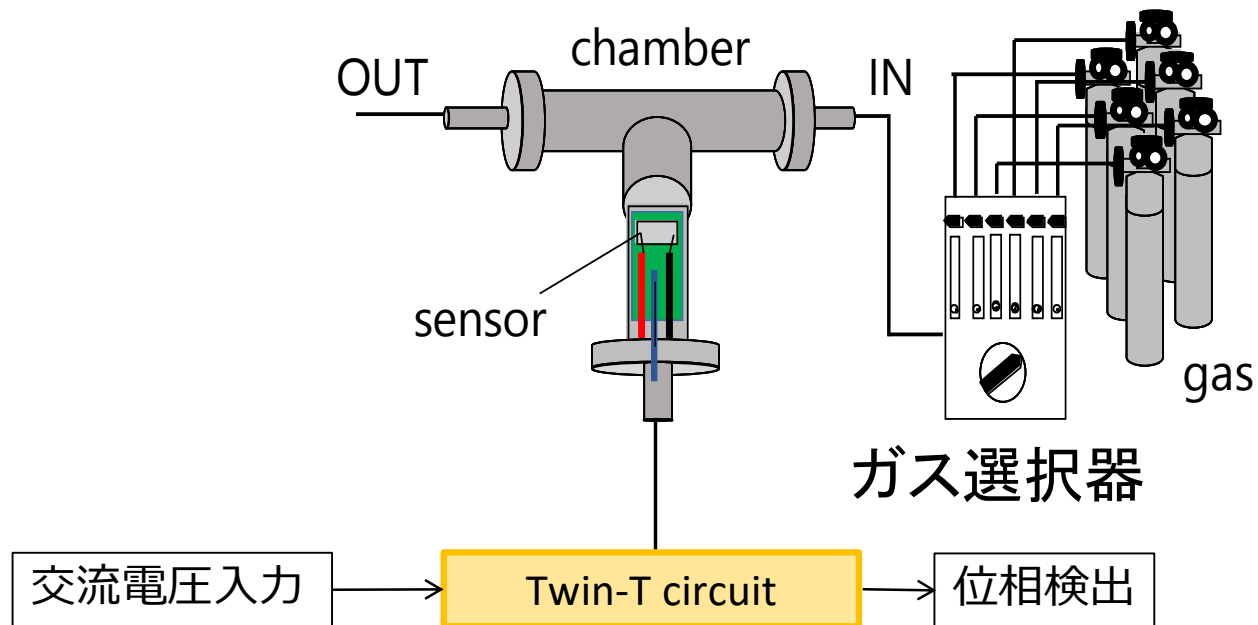


出力位相の周波数応答



特願2020-219497

# 評価システム

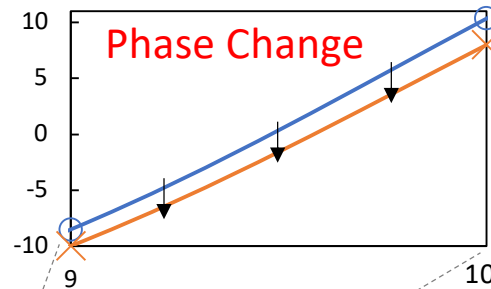


- AC signal  
1~100 kHz, 0.15V.p-p
- Gas flow rate : 0.5 L/min



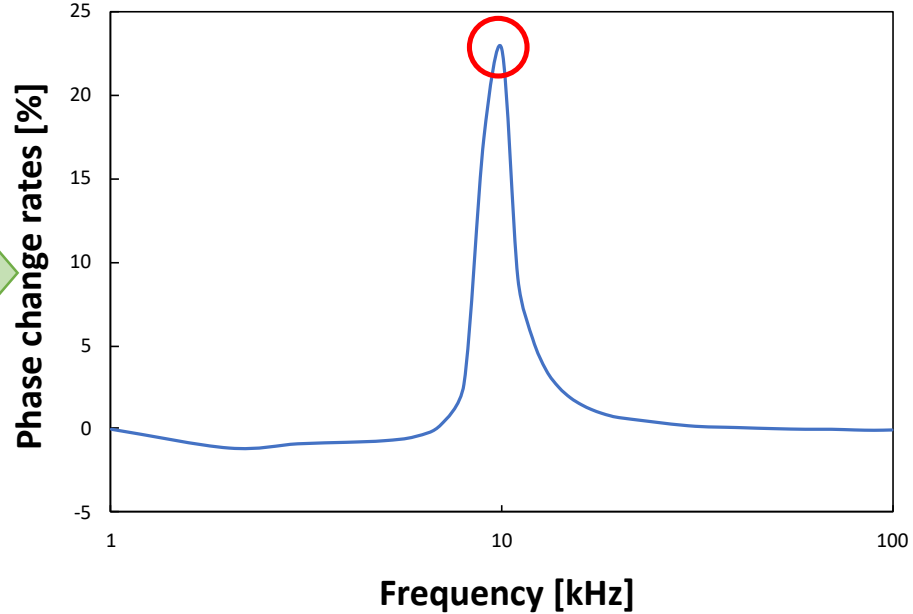
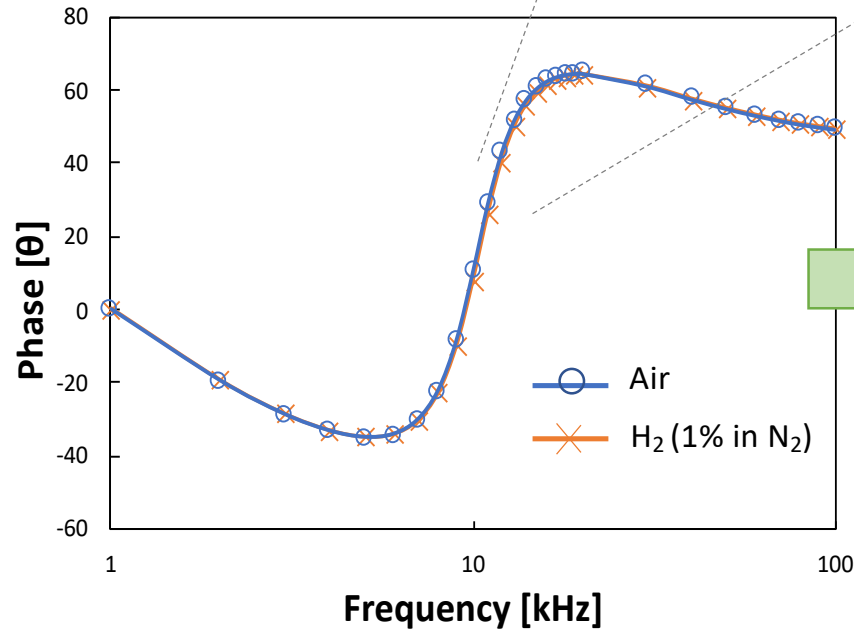
# 作製センサの動作検証

• Air → H<sub>2</sub>(1% in N<sub>2</sub>)



$$\Delta\theta = \frac{\theta - \theta_0}{\theta_0} \times 100 \quad (\%)$$

$\theta_0$ : Phase value in air  
 $\theta$ : Phase value in hydrogen



動作周波数10 kHzで出力位相が大きく変化

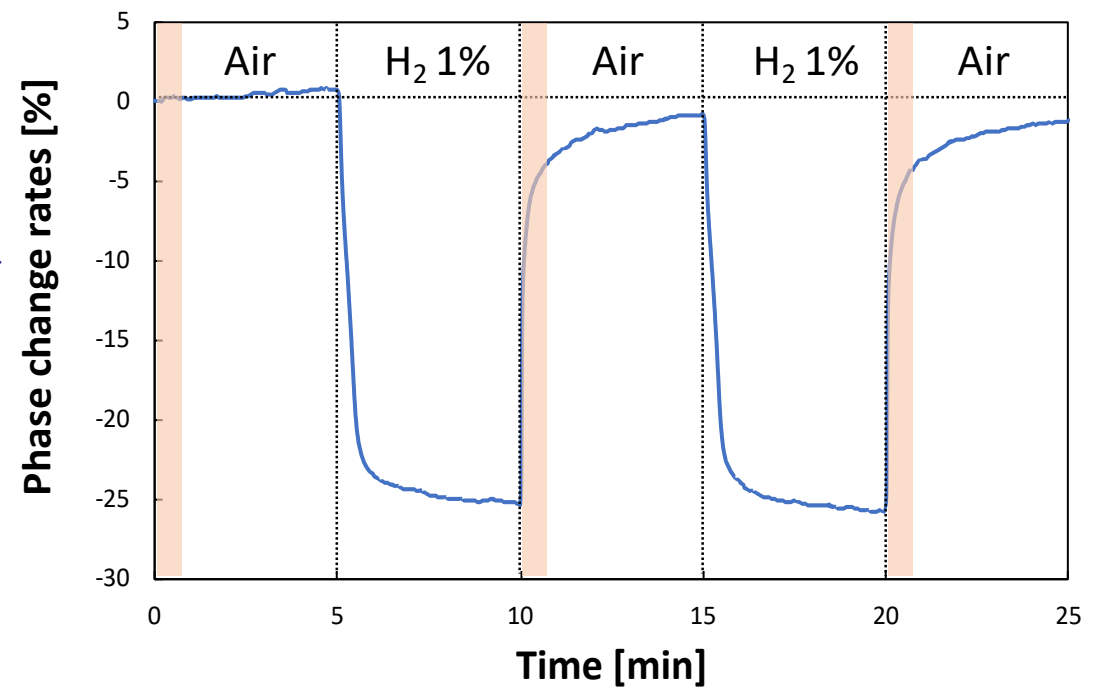
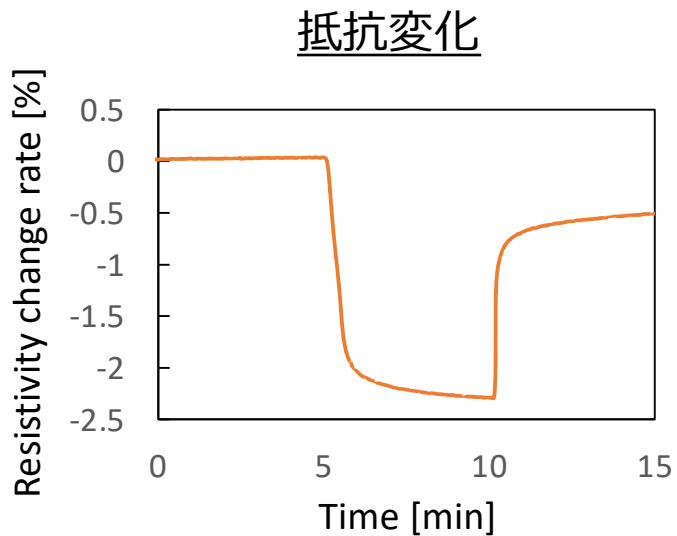


# 抵抗計測との感度比較

- AC signal

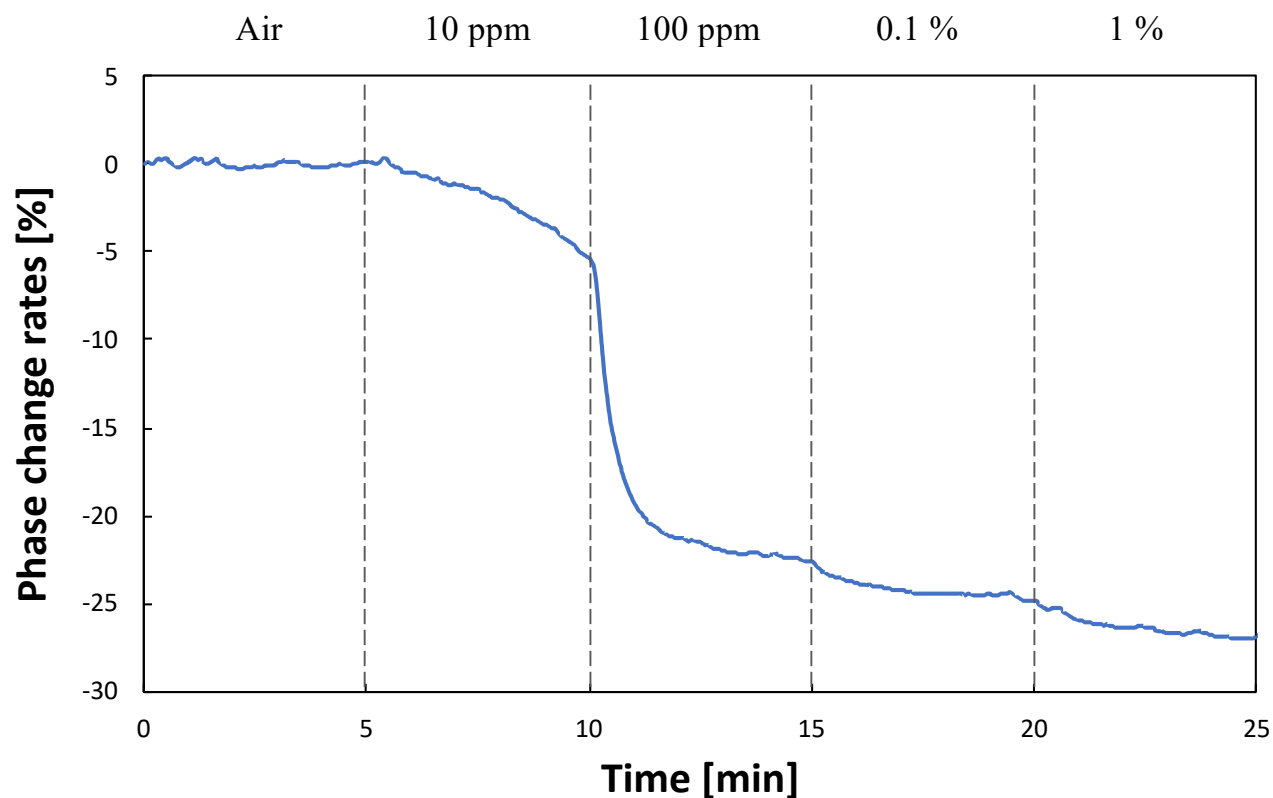
Frequency : 10 kHz Voltage : 0.15 V.p-p

Twin-T結合型水素センサ



Twin-T結合型水素センサにより信号変化量増大

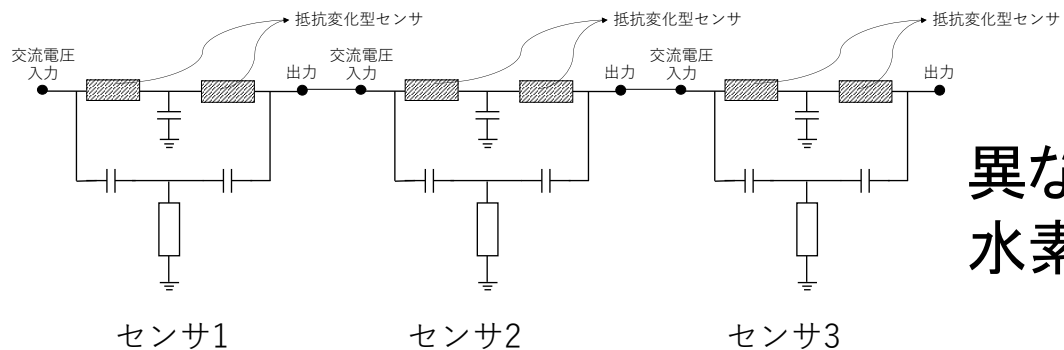
# 感度評価



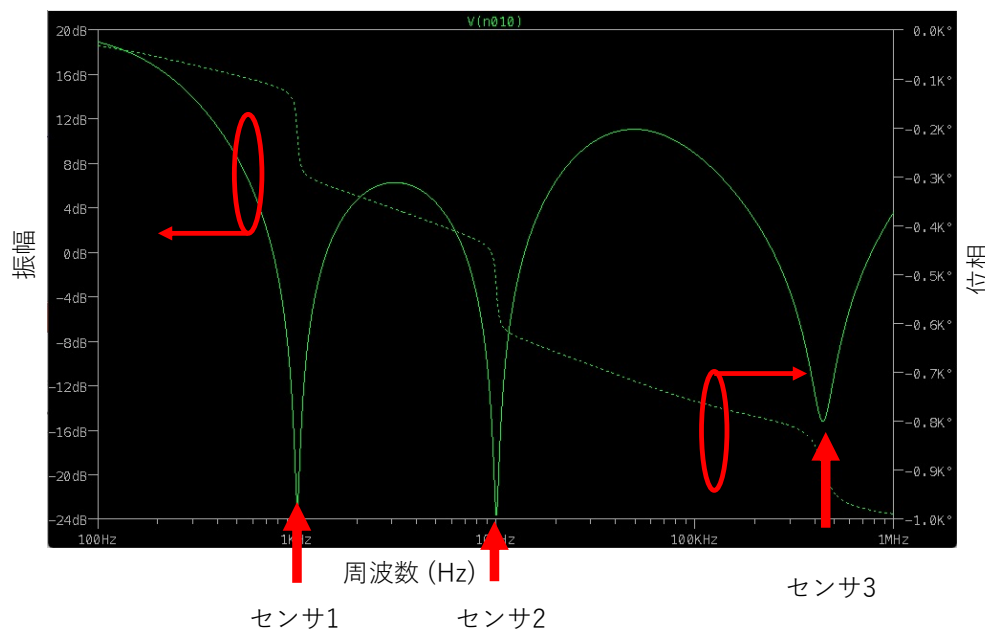
Phase change rates [%]@10 ppm 5.5 %

水素濃度 10 ppmまでの検出を確認

# 複数センサの同時動作



異なる周波数で動作するTwin-T結合型水素センサを直列に接続



動作周波数を変化させるだけで、検出するセンサを選択可能

## 想定される用途

- 低消費電力を活かした車載用水素センサ。
- 複数センサ同時作動による水素パイプラインモニタ、水素ステーションモニタ
- 酸素ガス、VOCガスモニタなど医療・環境モニタへの発展

## 実用化に向けた課題

- ガスセンサパッケージング設計
- 妨害粒子・ガス下での動作評価
- 経年劣化の評価
- 防爆構造を持つ回路設計・作製

## 企業への期待

- 周辺回路を含むセンサシステム開発に関して、企業との共同研究を希望。
- また、センサ素子開発・販売実績のある企業への技術提供・移転を検討。

# 保有実験設備

## デバイス作製/評価



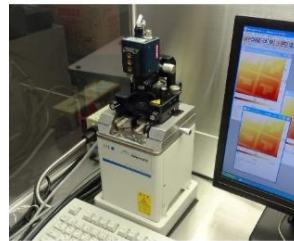
スパッタリング装置  
Sputtering system



クリーンブース  
Clean booth



RIE装置  
RIE system



AFM



プローバー  
Prober



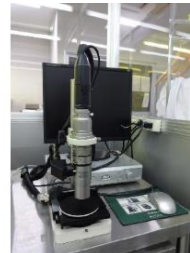
ダイシングマシン  
Dicing machine



マスクライナ  
Mask aligner



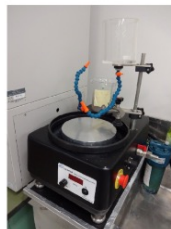
環状炉  
Tube furnace



デジタル顕微鏡  
Digital microscope



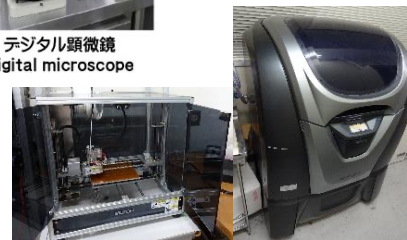
スピナー  
Spin coater



自動研磨装置  
Automatic polisher



コーター  
Coater



3Dプリンタ  
3D printer

## 水素センサ評価システム



濃度: 1 ppm-10%

湿度: 0-100%RH

温度: 室温~300°C

ガス種: O<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>など

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 薄膜型水素ガスセンサ
  - 出願番号 : 特願2014-206664
  - 特許番号 : 特許第5936087号
  - 出願人 : 岡山大学
  - 発明者 : 塚田 啓二、紀和 利彦、堺 健司
- 
- 発明の名称 : ガスセンサ及びセンサ用回路
  - 出願番号 : 特願2020-219497
  - 出願人 : 岡山大学
  - 発明者 : 紀和 利彦、塚田 啓二



# お問い合わせ先

岡山大学

研究推進機構

産学連携・知的財産本部

TEL : 086-251-8463

FAX : 086-251-8961

e-mail : [cr-ip@okayama-u.ac.jp](mailto:cr-ip@okayama-u.ac.jp)

URL : <http://www.orpc.okayama-u.ac.jp/>